

EFFECTO DE LA TURBULENCIA SOBRE LA HIDRODINÁMICA EN LECHOS EMPACADOS CON BAJA RELACIÓN DIÁMETRO DE TUBO-PARTÍCULA.

José Antonio Ayala Romero^a, Abhishek Dutta^b, Richard S. Ruiz Martínez^a, Felipe López Isunza^a, Carlos O. Castillo Araiza^{a*}.

^aGrupo de Procesos de Transporte y Reacción en Sistemas Multifásicos. Dpto. de IPH. Área de IQ., Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa Av. San Rafael Atlixco 186 Colonia Vicentina, C.P. 09340, México D.F. *coca@xanum.uam.mx

^bFaculteit Industriële Ingenieurswetenschappen, KU Leuven, Campus Groep T Leuven, Andreas Vesaliusstraat 13, B-3000 Leuven, Belgium.

^bDepartement Materiaalkunde, KU Leuven, Kasteelpark Arenberg 44 bus 2450, B-3001 Heverlee-Leuven, Belgium

Resumen.

En este trabajo se estudió numéricamente la influencia de la turbulencia en el transporte de momento de lechos empacados con una baja relación de diámetro de tubo-partícula ($d_t/d_p \approx 3$). Para describir la hidrodinámica se emplearon las ecuaciones de Navier-Stokes-Ergun y para el caso donde consideramos efectos turbulentos se usa Navier-Stokes-Ergun temporalmente promediadas (modelo RAN'S), que consideran los modelos correspondientes para describir la generación y disipación de la energía cinética del flujo a través del medio heterogéneo. Particularmente se evalúan modelos los modelos s k- ϵ y el k- Ω en su forma temporal.

Introducción

Los reactores de lecho empacado con baja relación diámetro de tubo-partícula (d_t/d_p) se han utilizado para llevar a cabo reacciones de oxidación parcial con alta exotermicidad. Actualmente no se cuenta con un modelo que pueda describir su comportamiento, por lo que es importante desarrollar un modelo, que considere adecuadamente los fenómenos catalíticos y de transporte, paso esencial para llevar acabo el diseño u optimización de unidades ya existentes [1,2]. En este sentido, nuestro grupo de investigación considera que el estudio hidrodinámico es esencial para describir los perfiles de temperatura y concentración en esta clase de lechos.

En este trabajo propone evaluar modelos de turbulencia promediados temporalmente para describir de manera adecuada el comportamiento hidrodinámico en esta clase de sistemas [3]. Estos modelos se acoplarán al modelo del reactor en estudios posteriores.

Sistema a ser modelado.

El sistema a modelar (Figura 1) considera características que se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1: Propiedades del lecho empacado

Propiedades del Reactor/partícula	Valor
Longitud de lecho (L)	2.6000 (m)
Diámetro de lecho (dt)	0.0250 (m)
Diámetro de partícula (dp)	0.0081 (m)
Reynolds de partícula	1405
Relación diámetro de tubo-partícula	3.0490

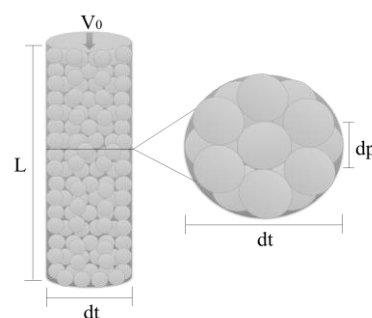


Figura 1: Sistema de lecho empacado.

El siguiente sistema de ecuaciones de Navier-Stokes- Ergun se utiliza para describir los perfiles de velocidad en un lecho empacado que presenta una baja relación de diámetro de tubo a partícula. El fluido en fase gas se considera como un fluido incompresible y newtoniano. En este modelo se han tomado en cuenta fuerzas inerciales provenientes de la ecuación de Navier-Stokes, el gradiente de presión axial, los esfuerzos de corte viscoso, y las interacciones solido-fluido que se consideran bajo la ecuación de Ergun [4,5].

Ecuación de continuidad

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \phi v_r) + \frac{\partial \phi v_z}{\partial z} = 0$$

Ecuación de Navier-Stokes-Ergun

$$\rho_f \left[\frac{\partial \phi v_z}{\partial t} \right] = - \frac{\partial \phi P_z}{\partial z} + \mu_f \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \phi v_z}{\partial r} \right) \right] - \left[\frac{\mu_f}{K} \phi v_z + \frac{\rho_f}{K_z} \phi^2 v_z^2 \right] + \phi \rho_f g_z$$

Este modelo se tomará como caso base para comparar los resultados que se obtengan con los modelos de turbulencia: k-ε-Ergun y k-ω-Ergun promediadas. Esta comparación permitirá evaluar el efecto de la turbulencia en lechos empacados que presentan una relación de diámetro de tubo a partícula menor a 10.

Resultados y Discusión

En la Figura 2 se presenta observaciones del perfil de velocidad axial en función del radio. Para describir este perfil se evalúan los modelos hidrodinámicos sin considerar efectos de la turbulencia [6]. Este perfil será utilizado para evaluar las distintas aproximaciones para modelar la hidrodinámica en lechos empacados con relaciones de diámetro de tubo a partícula menor 10.

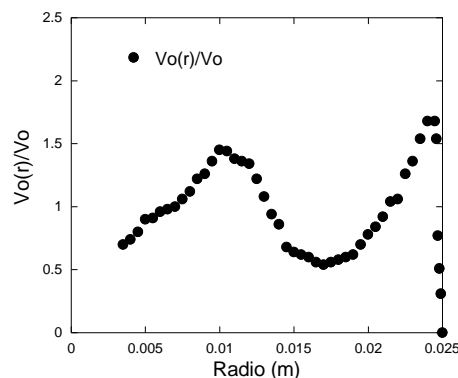


Figura 2: Perfil de velocidad axial en función del radio.

Conclusiones

Se desarrolló un modelo matemático que comparé las ecuaciones de Navier-Stokes-Ergun con las ecuaciones de RAN'S acopladas k-ε-Ergun y k-ω-Ergun, para evaluar los fenómenos turbulentos en sistemas de lecho empacado que presentan una baja relación de diámetro de tubo a partícula. Dichos resultados serán esenciales para posteriormente describir el comportamiento de transporte de calor y masa en esta clase de sistemas pero bajo condiciones de reacción.

Referencias

- [1] Castillo-Araiza, C. “Estudio del comportamiento del reactor de Oxidación de o-xileno a anhídrido ftálico”. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, *Tesis Doctoral*, México, 2007.
- [2] Castillo-Araiza, C.O. and López-Isunza, F. “Hydrodynamic Models for Packed Beds with Low Tube-to-Particle Diameter Ratio”. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. 2008, Vol.6, Article 1.
- [3] Froment and Bischoff. *Chemical Reactor Analysis and Design*, J. Wiley, New York, 1979.
- [4] Wilcox, D. *Turbulence Modelling for CFD*, DCW Industries”, La Canada 1983.
- [5] Baoyu, GUO.; Aibing, Yu.; Bryan W.; Paul Z. “Comparison of several turbulence models applied to the simulation of gas flow in a packed bed”. *Third International conference on CFD in the Minerals and Process Industries*, 2003.
- [6] Oliver Bey and Gerhart Eigenberger. “*Fluid flow through catalyst filled tubes*” Universität Stuttgart, Institute für Chemische Verfahrenstechnik, Böblinger Str. 72. 70199 Stuttgart, Germany.